Acta Botánica Mexicana (1994), 26:53-62

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE UN ARBUSTO ENDEMICO DE DUNAS COSTERAS ANTE CONDICIONES DE SEQUIA

M. LUISA MARTINEZ

Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México
04510 México, D.F., México

PATRICIA MORENO-CASASOLA

Instituto de Ecología, A.C.
Apdo. Postal 63
91000 Xalapa, Ver. México

y

EMMANUEL RINCON

Centro de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apdo. Postal 70-275
04510 México, D.F., México

RESUMEN

En las dunas costeras del Golfo de México, el patrón de precipitación es muy estacional, lo que da como resultado una marcada temporada de sequía que se prolonga de 3 a 4 meses, y a la que están expuestas las plantas que crecen en tal ambiente. Este trabajo describe los resultados obtenidos en un estudio sobre crecimiento y sobrevivencia ante diferentes condiciones de sequía de plántulas de *Chamaecrista chamaecristoides*, una leguminosa arbustiva, endémica de las dunas costeras del Golfo de México. Con tal objetivo se aplicaron cuatro tipos de tratamiento: riego cada 2 días (control); riego una vez al mes; riego por aspersión y sin riego. Las plántulas fueron capaces de tolerar hasta 80 días sin ningún tipo de irrigación. En las que recibieron agua una vez al mes, la sobrevivencia fue igual que en el lote control. Las tasas de crecimiento y la asignación de biomasa a las partes aérea y subterránea varían en función de la cantidad de agua aplicada. La gran tolerancia a la sequía probablemente permite a las plántulas de *C. chamaecristoides* sobrevivir durante la temporada de secas.

ABSTRACT

The rain pattern in coastal sand dunes along the Gulf of Mexico is clearly seasonal, and the dry season can last from 3 to 4 months. Plants that grow in this environment are exposed to low water

availability during this time of the year. This paper describes the survival and growth of seedlings of *Chamaecrista chamaecristoides*, an endemic legume from the coastal sand dunes along the Gulf of Mexico. In order to study this species' response in survival and growth under different conditions of water availability, four different watering regimes were applied: watering every other day (control); watering once a month; spray watering, and no water added. Seedlings were able to withstand total lack of watering for more than 80 days, after which they started wilting and dying. Survival was the same among control plants and those watered once a month. Relative growth rate and biomass allocation differed greatly among treatments. The drought tolerance observed, probably allows seedlings to survive during the dry months of the year.

INTRODUCCION

Chamaecrista chamaecristoides (Collad) I. & B. (Leguminosae) es una especie endémica de los sistemas de dunas que se encuentran a lo largo de las costas del Golfo de México (Sauer, 1967). Crece principalmente en las partes móviles (Moreno-Casasola, et al. 1982; Moreno-Casasola, 1988; Castillo et al, 1991) y es la primera colonizadora de estos ambientes.Se llega a encontrar en zonas más estabilizadas, pero en tales casos en menor densidad, y los individuos se ven menos vigorosos. La mayoría de la población de adultos produce frutos al final de la temporada de lluvias (Castillo y Carabias, 1982). Aproximadamente 25% de las semillas de esta especie es capaz de germinar inmediatamente después de haber sido dispersadas, mientras que el 75% restante presenta latencia determinada por testa dura. Esta latencia se rompe gradualmente por las fluctuaciones de temperatura que naturalmente ocurren en la arena durante la temporada de sequía (Moreno-Casasola, 1982; Moreno-Casasola et al., en prensa), dando como resultado una germinación que se extiende a lo largo de todo el año (Martínez y Moreno-Casasola, en prensa). Las plántulas que germinan con las escasas lluvias que se presentan en la temporada de secas (Fig. 1) se ven sujetas a períodos de sequía que pueden llegar a ser la causa de que 50% muera antes de alcanzar los tres meses de edad (Martínez y Moreno-Casasola, 1993).

Una de las fuentes de agua para las especies que crecen en las dunas costeras es la lluvia (Ranwell, 1972), pero debido a la naturaleza arenosa de los suelos, hay una baja capacidad de retención. Esto implica que, en general, su vegetación se vea sujeta a una cierta escasez de agua durante todo el año, y más aún, en la temporada de aridez (Crawford, 1989). Sin embargo, la vegetación costera muestra una gran tolerancia a la sequía. Además de la lluvia, en las dunas hay otras fuentes de agua para las plantas:

a) Dada la gran movilidad del sustrato, las dunas costeras se caracterizan por tener una topografía particular, en la cual se pueden observar brazos, cimas, hondonadas así como pendientes internas y externas. De esta manera, las condiciones bióticas y abióticas son muy distintas en los diferentes microambientes. En las hondonadas inundables, el manto freático puede estar a 3 ó 4 metros de profundidad (Moreno-Casasola, 1982) durante la temporada de sequía, pero es posible que aporte agua a aquellas plantas con raíces profundas. En las partes altas de las zonas móviles (cimas y brazos), el manto freático no interviene en el aporte de agua para las plantas, puesto que está a varios metros de profundidad. En este caso, el agua superficial puede jugar un papel más importante.

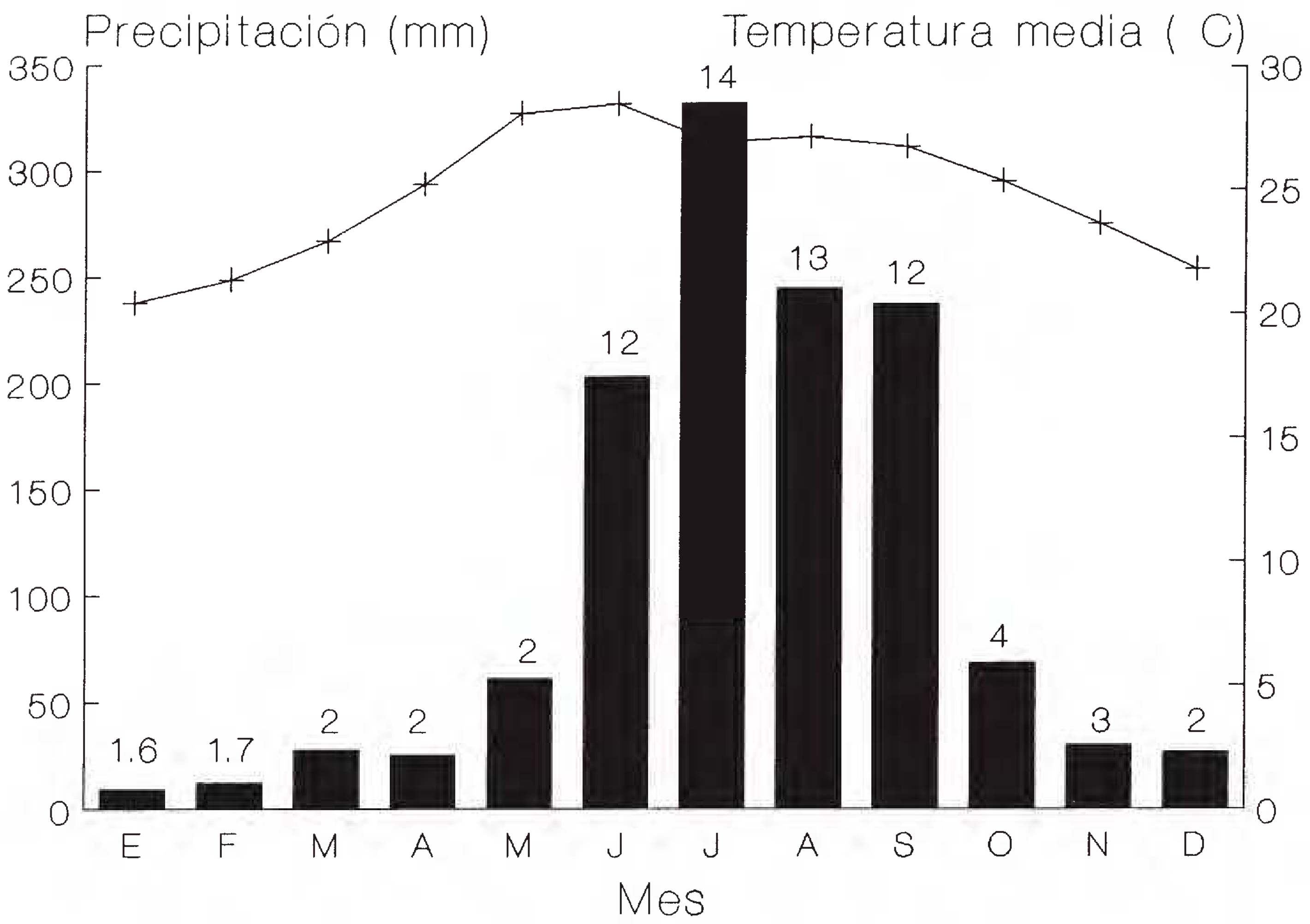

Fig. 1. Patrón de precipitación y temperatura media mensual (datos de 10 años) para la zona de estudio (Estación La Mancha, Municipio de Actopan, Vercaruz). El número arriba de las barras indica la media del número de días con precipitación en cada mes del año.

b) Por otro lado, la proximidad de las dunas con el mar, junto con la naturaleza porosa del sustrato se combinan para producir una condensación de rocío, que ha sido estimada en 0.9 ml por cada 100 ml de arena, en cada noche (Pavlik, 1984; Crawford, 1989). Este rocío puede aportar a las plantas cantidades importantes de humedad.

En las dunas costeras la aridez juega un papel importante y, además de la baja precipitación durante la temporada de secas, se ve afectada por diferentes factores: el sustrato tiene una baja capacidad de retención de agua; la escasa cobertura vegetal en las zonas móviles produce una alta radiación solar; el tejido vegetal cercano a la superficie de la arena está expuesto a altas temperaturas, y por último, el color claro del sustrato produce una gran reflectividad en la parte inferior de las hojas. A pesar de esta situación, las plantas de dunas costeras no suelen presentar señales de marchitamiento. De hecho, no se sabe si en realidad el agua es un recurso limitante para estas especies, o si están fisiológicamente adaptadas a tales condiciones. Por ejemplo, De Jong (1979) y Barbour et al. (1985) afirman que las plantas de dunas no son afectadas por bajos potenciales hídricos. Sin embargo, no hay muchas mediciones sobre la economía del agua de estos vegetales y sus respuestas ante la disponibilidad de agua. La presión de turgencia de las hojas y de los estomas, y los ajustes osmóticos son algunas de las respuestas a la sequía

que se han estudiado en plantas de dunas costeras (Bradford y Hsiao, 1982; Tyree y Jarvis, 1982; Pavlik, 1984). No se han realizado investigaciones sobre los efectos de la escasez de agua en el crecimiento y sobrevivencia de tales especies.

Considerando las características germinativas de las semillas de *Chamaecrista chamaecristoides*, y el hecho de que alrededor de 50% de la población sobrevive en las dunas durante la temporada de secas, el interés de nuestro estudio es investigar la capacidad de sobrevivencia de plántulas de *Chamaecrista chamaecristoides* ante diferentes situaciones de sequía. Otro de nuestros objetivos fue evaluar la tasa de crecimiento ante estas mismas condiciones, junto con modificaciones en asignación diferencial de biomasa que pueden presentar las plántulas ante diferentes situaciones de humedad en el sustrato.

METODOLOGIA

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero. Como macetas se utilizaron bolsas negras de plástico con capacidad de 5 kg. El sustrato empleado fue arena pura de sílice, que inicialmente se saturó con solución nutritiva Long-Ashton a 500%, lo que equivale a 220 ppm de fósforo y 110 ppm de nitrógeno. Las plántulas fueron transferidas a las macetas 5 días después de haber germinado, y durante los siguientes 8 días todas fueron regadas cada dos días con 100 ml de solución nutritiva a 20%. Después de estos 8 días, se aplicaron los diferentes tratamientos que se describen a continuación:

a) Lote de control: regado cada dos días con 100 ml de agua de la llave.
b) Sequía moderada: las plántulas fueron regadas con 120 ml de agua, una vez cada 4 semanas, que equivale a una precipitación mensual de 20 mm concentrada en un día (García, 1988). Este tipo de lluvia suele ocurrir durante la época de sequía (Fig. 1).

c) Riego por aspersión: cada dos días se aplicó con atomizador el equivalente de 10 ml de agua de la llave.

d) Sequía: plántulas que después de los riegos iniciales no volvieron a recibir agua. Al finalizar el experimento se midió con un microvoltímetro el valor del agua residual presente en la arena. Los valores de 0 confirmaron que no había agua remanente en el sustrato.

En cada tratamiento se tuvieron 40 réplicas, colocadas al azar dentro del invernadero. El experimento duró 140 días. Semanalmente se registró el número de sobrevivientes. Además, se realizaron dos cosechas, una inicial y otra final, con el objetivo de evaluar el crecimiento. Se cuantificó el peso seco de hojas, tallos y raíces, por separado, así como el área foliar de cada individuo. En este caso se trabajó con 5 réplicas por tratamiento. La duración del experimento y el número de réplicas utilizadas por tratamiento se eligieron con base en estudios realizados previamente con esta especie (Martínez y Rincón, 1993).

Las curvas de sobrevivencia se compararon mediante la prueba de Peto y Peto (Pyke y Thompson, 1986). Este análisis es una prueba no paramétrica que permite comparar pares de curvas de sobrevivencia pertenecientes a diferentes cohortes, de ahí que, en este caso, g.l. = 1.

Los valores de tasa relativa de crecimiento, proporción de raíz/parte aérea y el área foliar específica (Evans, 1972) se compararon mediante un análisis de varianza de una vía (Zar, 1984).

RESULTADOS

Los valores de sobrevivencia de las plántulas de *Chamaecrista chamaecristoides* aportan evidencia de una tolerancia ante condiciones de sequía extrema (sin ningún riego) durante aproximadamente 80 días (Fig. 2). De hecho, cuando las curvas de sobrevivencia fueron comparadas para este lapso de tiempo (desde el inicio hasta los 80 días), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, a partir del tercer mes, las plántulas expuestas a la sequía moderada (un riego mensual) y al riego por aspersión empezaron a presentar una alta mortalidad. Por otra parte, si se comparan las curvas de sobrevivencia durante todo el tiempo que duró el experimento, se observa que el tratamiento de sequía moderada no fue significativamente diferente del de control, pero que el de riego por aspersión y el seco difirieron entre sí y con respecto al testigo (g.l. = 1; $p<0.05$) (Fig. 2).

Al contrario de lo que se obtuvo para la sobrevivencia, en el caso del crecimiento se encontró una notable diferencia entre la biomasa total acumulada por las plantas del lote control y las del tratamiento de sequía moderada. Asimismo, hubo diferencias entre los otros tratamientos y el lote control (Fig.3). Las plantas de este último acumularon diez veces más biomasa que las de las expuestas a las distintas condiciones de sequía.

La asignación de biomasa a las partes aérea y subterránea (R/S) siguió una tendencia interesante (Fig. 4). Conforme la humedad añadida a las plantas disminuía, la asignación de biomasa a raíces aumentó de manera casi lineal. En este caso el lote control obtuvo los valores más bajos, y fue significativamente diferente de los otros tres. Cabe notar que a pesar de las diferencias entre los tratamientos, en todos hubo una mayor asignación de biomasa hacia las raíces que hacia la parte aérea, lo cual se ve reflejado en los valores mayores de 1 en todos los casos.

La tasa relativa de crecimiento también se vió afectada (Fig. 5). Todos los tratamientos difirieron significativamente del lote control, pues este último alcanzó valores mayores que el resto de las plantas. Los otros tres tratamientos resultaron muy similares entre sí, aunque las plantas con riego por aspersión obtuvieron valores de crecimiento relativo mayores que las plantas que crecieron en sequía moderada. Finalmente, el área foliar del lote control presentó diferencias altamente significativas con respecta a los otros tratamientos (Fig. 6).

DISCUSION

Los resultados obtenidos indican que las plántulas de *Chamaecrista chamaecristoides* son capaces de tolerar condiciones de sequía durante aproximadamente 3 meses. Después de este tiempo, la mortalidad se incrementa constantemente, y las plantas no tienen capacidad de recuperarse. Tal resitencia les permite sobrevivir los periodos en los que la lluvia es escasa (y que duran unos 3 meses) (Figs. 1 y 2).

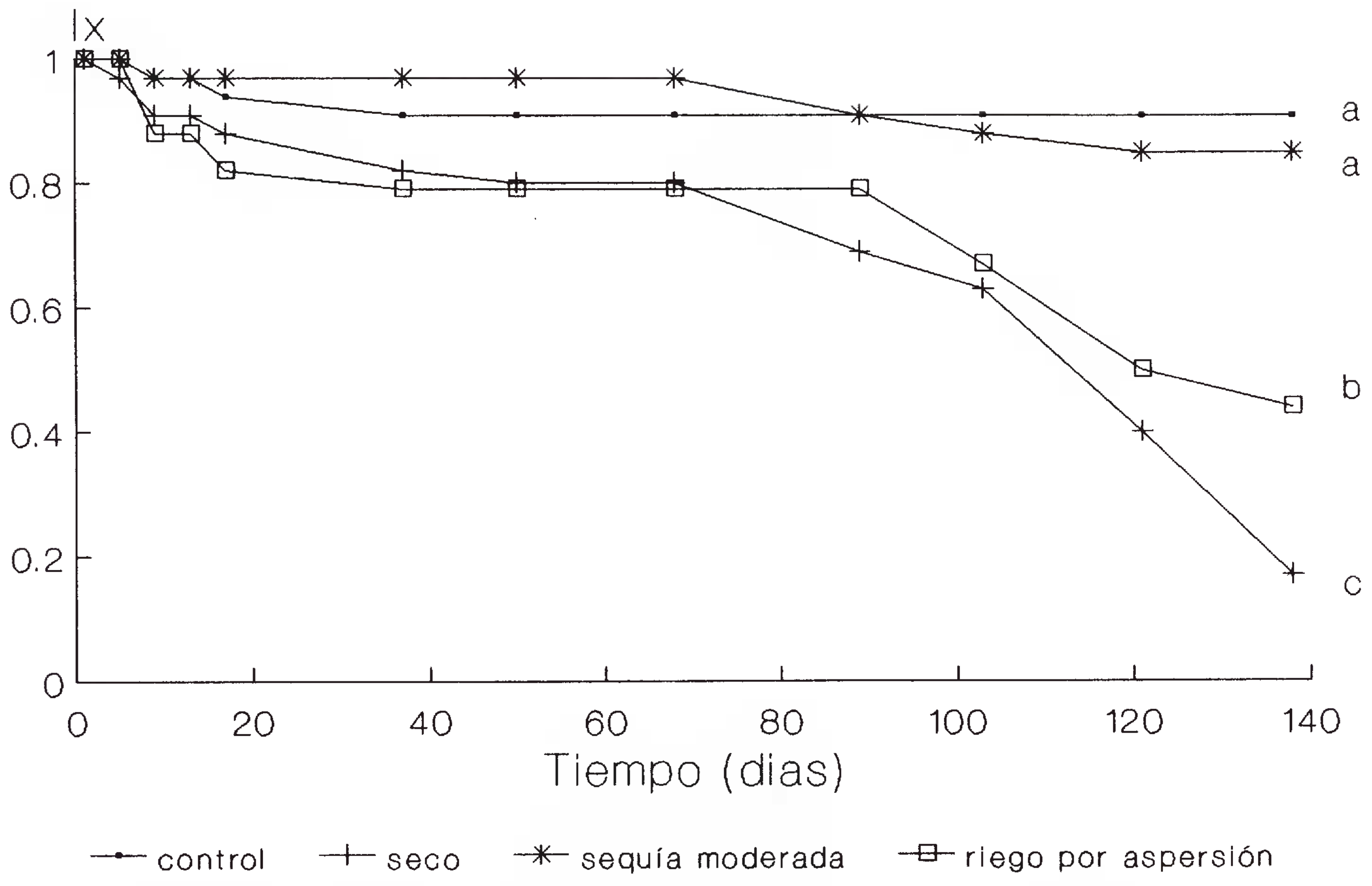

Fig. 2. Tasa de sobrevivencia ante diferentes condiciones de riego. Las curvas son similares entre sí hasta el día 80, después del cual la mortalidad aumenta significativamente (g.l.= 1, $p<0.005$) en los tratamientos con menor cantidad de agua. (control; seco; sequía moderada; riego por aspersión). Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.005$).

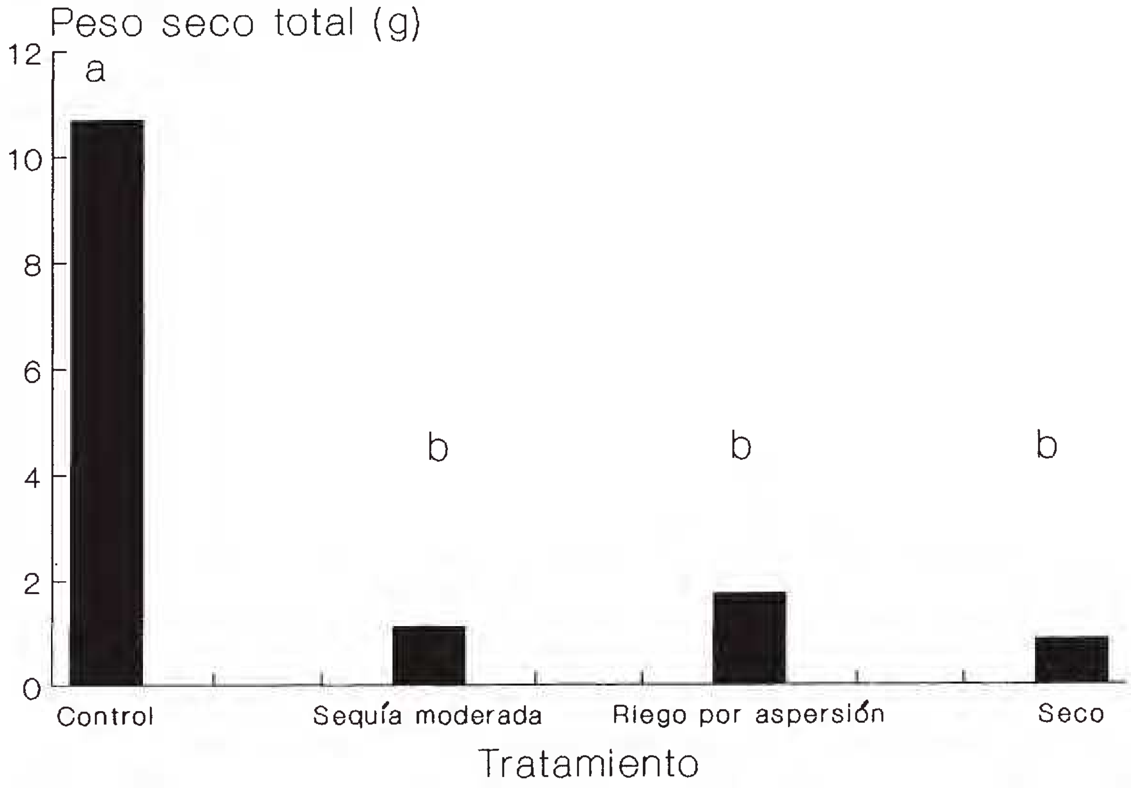

Fig. 3. Biomasa total final obtenida en cada uno de los tratamientos. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($F=30.45$; gl=3,16; $p<0.005$).

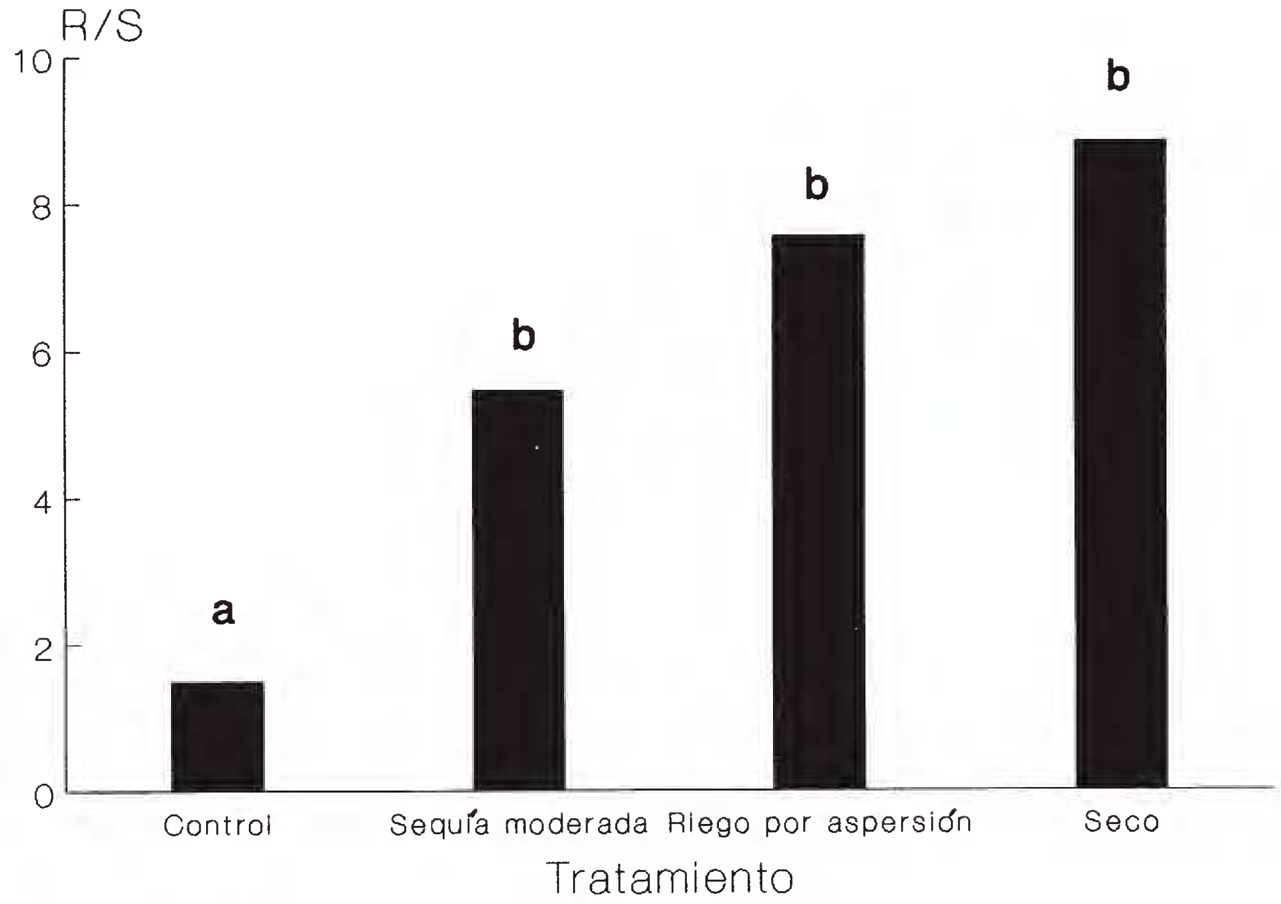

Fig. 4. Proporción Raíz/Parte aérea (R/S) después de 140 días. Los valores aumentan conforme las condiciones de sequía fueron más extremosas, pero siempre son mayores de 1. Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (F=7.861; gl=3,16; $p<0.005$).

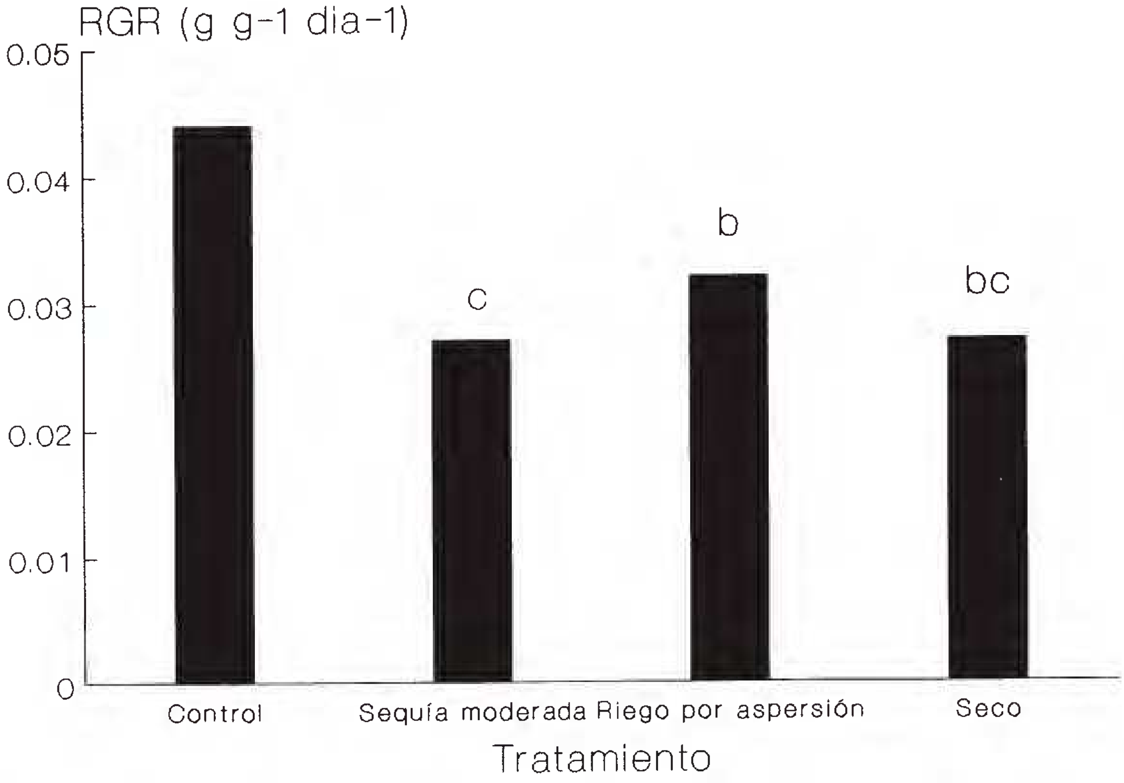

Fig. 5. Valores de tasa relativa de crecimiento (RGR) a los 140 días. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos (F=20.73; gl=3,16; $p<0.005$).

La hidratación es una condición necesaria para que se estén realizando los procesos metabólicos que se dan dentro de los organismos, puesto que el agua es el medio en el que dichas reacciones se llevan a cabo. A pesar de su tolerancia a la sequía y puesto que las plantas de dunas costeras frecuentemente se ven expuestas a condiciones de escasez de agua, puede haber marchitamiento cuando la temporada de sequía se prolonga. El marchitamiento es perjudicial para los vegetales, no sólo por la pérdida de turgencia y el período prolongado la condición de estomas cerrados, sino también porque puede haber un sobrecalentamiento de las hojas debido a la ausencia de la transpiración (Crawford, 1989). Esto puede producir daños irreversibles en las plantas.

Por otro lado, cuando son sometidas a condiciones de poca disponibilidad de agua, la mayoría de las plantas que son tolerantes a la sequía, presentan alteraciones en su asignación de recursos a la parte aérea y a las raíces (Crawford, 1989). Este cambio en la distribución de biomasa se ve acentuado conforme la sequía aumenta (Schultz, 1974; Ashenden et al., 1975). Además, la tasa de crecimiento también disminuye en condiciones

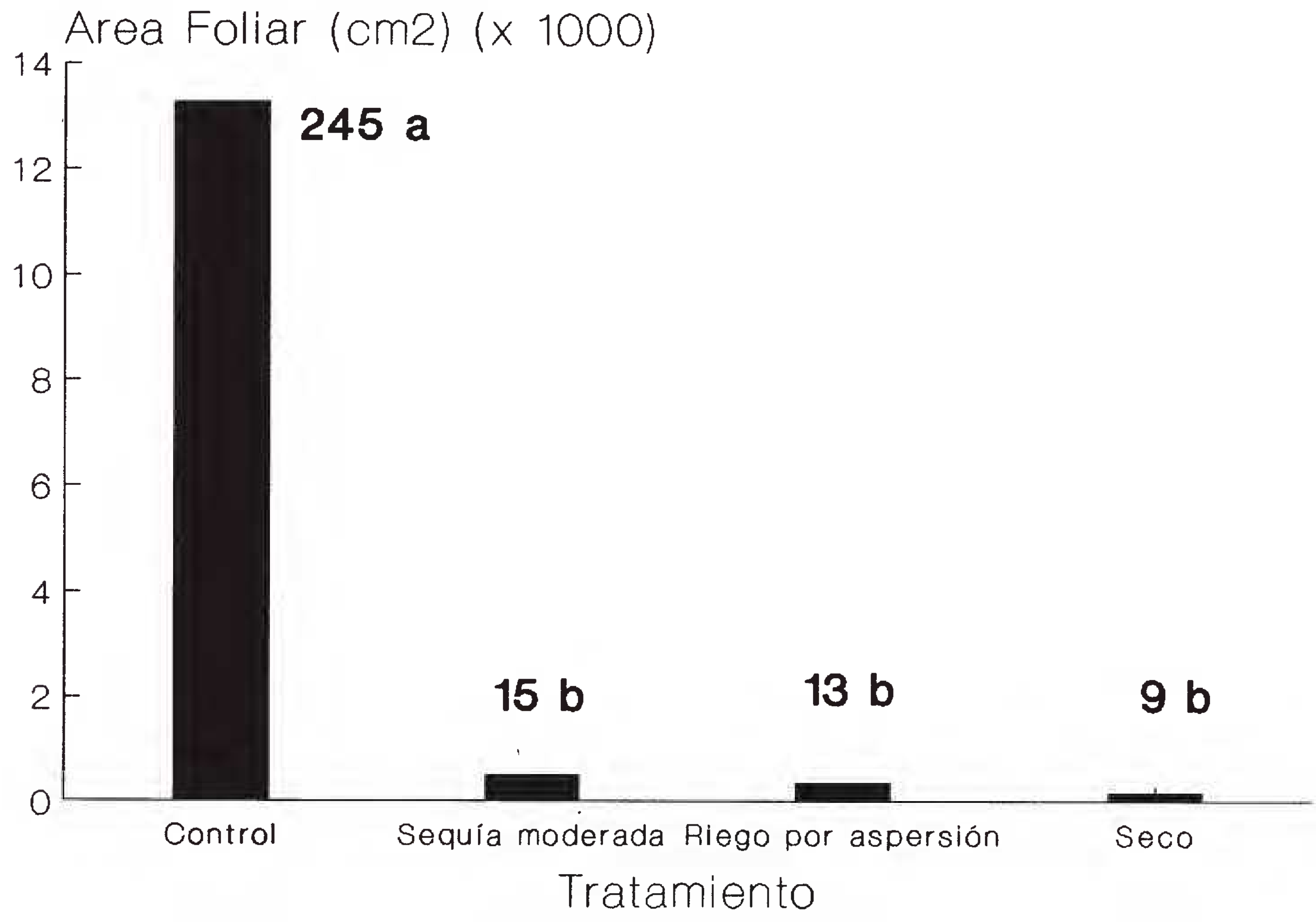

Fig. 6. Area foliar obtenida para cada tratamiento. El número arriba de cada barra indica el número de hojas promedio por planta. Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en el área foliar y en el número de hojas ($F=25.563$; $gl=3,16$; $p<0.005$).

de sequía (Ashenden et al., 1975) y de esta manera, hay una menor pérdida de agua (Schulze, 1986). En el caso de *Chamaecrista chamaecristoides* (Fig. 6). A mayor grado de sequía, el número de hojas y el área foliar que abarcan tuvieron una tendencia hacia la reducción, lo que, por un lado refleja las bajas tasas de crecimiento, y por otro, una disminución en la pérdida de agua por la evapo-transpiracióna través de las hojas.

A partir de los resultados obtenidos podemos inferir que el patrón de precipitación que se da durante la época de sequía es suficiente para que, aunque el crecimiento se detenga, las plántulas de *Chamaecrista chamaecristoides* sean capaces de sobrevivir hasta el inicio de la temporada de lluvias. Por otro lado, cabría considerar la función que tiene el rocío como fuente de humedad para las plántulas. Aparentemente, este tipo de aporte de humedad (simulado por el riego por aspersión) permite una mayor sobrevivencia y tasa relativa de crecimiento que en las plantas que crecieron sin ningún aporte de agua. En tal caso, probablemente el agua fue captada por las raíces más cercanas a la superficie y permitió que los individuos de este tratamiento sobrevivieran y crecieran mejor que los de la sequía total.

Hay un gran debate en cuanto a la posible habilidad de las hojas de las plantas tolerantes a la sequía de absorber agua a partir del aire (Rundel, 1982). Se ha dicho que esta capacidad se presenta en muchas especies del desierto. Sin embargo, la evidencia a menudo sugiere que la humedad del suelo sigue siendo la principal fuente de agua. En el caso de *Chamaecrista chamaecristoides* hace falta realizar estudios detallados sobre la aptitud de sus hojas de realizar este tipo de absorción.

El efecto de la sequía sobre el crecimiento y la sobrevivencia de las especies es muy complejo, puesto que involucra diferentes procesos metabólicos de las plantas, que pueden estar afectando estas dos respuestas (Shulze, 1986). Por ello, este estudio sólo nos permite llegar a una conclusión simple. *Chamaecrista chamaecristoides* ciertamente tiene una tolerancia a la sequía, aunque no se sabe qué mecanismos fisiológicos de resistencia presenta. Considerando que produce semillas con testa dura y que hay germinación durante todo el año, es posible que, además de tener resistencia fisiológica, parte de la población evite la sequía a través de otros mecanismos como es la germinación diferida. Estudios más finos sobre procesos fisiológicos, así como una medición detallada de las condiciones de disponibilidad de agua en que crecen las plantas durante las diferentes épocas del año, aportarán información valiosa sobre las respuestas de esta especie ante condiciones de sequía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Ecologia de la Universidad Nacional Autónoma de México las facilidades prestadas para la elaboración de este experimento. El trabajo fue apoyado por la DGAPA, UNAM clave IN-203389.

LITERATURA CITADA

Ashenden, T. W., Stewart, W. S. y W. Williams. 1975. Growth responses of sand dune populations of *Dactylis glomerata* L. to different levels of water stress. J. Ecol. 63: 97-107.

Barbour, M. G., T. M. De Jong, y B. M. Pavlik. 1985. Autoecology of marine beach and dune plants on the Atlantic, Gulf and Pacific Coasts of North America. In: Chabot, B. F. y H. A. Mooney (eds). Physiological ecology of North American plant communities. Chapman and Hall, New York, pp. 296-322.

Bradford, K. J. y T. C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In: Lange, O. L., P. S. Nobel, C. B. Osmond y H. Ziegler (eds.). Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Springer. Berlin. pp. 264-316.

Castillo, S. y J. Carabias. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: fenología. Biotica 7(4): 551-568.

Castillo, S., J. Popma, y P. Moreno-Casasola. 1991. Coastal sand dune vegetation of Tabasco and Campeche, Mexico. J. Veg. Sci. 2: 73-88.

Crawford, R. M. M. 1989. Studies in plant survival. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 296 pp.

De Jong, T. M. 1979. Water and salinity relations of California beach species. J. Ecol. 67: 647-663.

Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Scientific Publications. Londres. 734 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Geocentro. México, D.F. 217 pp.

Martínez, M. L. y P. Moreno-Casasola. 1993. Survival of seedling cohorts of a tropical legume on a sand dune system along the Gulf of Mexico: influence of germination date. Can. J. Bot. 71: (en prensa).

Moreno-Casasola, P. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos. Biotica 7(4): 577-602

Moreno-Casasola, P. 1988. Patterns of plant species distribution on coastal dunes along the Gulf of Mexico. J. Biogeog. 15: 787-806.

Moreno-Casasola, P., van der Maarel, E., Castillo, S., Huesca, M. L. e I. Pisanty. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de La Mancha, Ver. I. Biotica 7(4): 491-526.

Moreno-Casasola, P., Grime, J.P. y M. L. Martínez. 1994. A comparative study of the effects of fluctuations in temperature and moisture supply on hard coat dormancy in seeds of coastal tropical legumes. J. Trop. Ecol. 10(2): (en prensa).

Pavlik, B. M. 1984. Seasonal changes of osmotic preasure, simplasmic water content and tissue elasticity in the blades of dune grasses growing in situ along the coast of Oregon. Plant Cell and Environ. 7: 531-539.

Pyke, D. and J. Thompson. 1986. Statistical analysis of survival and removal rate experiments. Ecology 67(1): 240-245.

Ranwell, D. 1972. Ecology of salt marshes and salt dunes. Chapman and Hall. Londres. pp. 135-200.

Rundel, P. W. 1982. Water uptake by organs other than roots. In: Encyclopedia of Plant Physiology, Vol. 12B, pp. 11-134. Springer Verlag. Berlin.

Sauer, L. 1967. Geographic reconaissance of the seashore vegetation along the Mexican Gulf Coast. Coastal Studies Institute. Louisiana State University. Techn. Rep. 56. Baton Rouge, Louisiana. 59 pp.

Schultz, J. E. 1974. Root development of wheat at the flowering stage under different cultural practices. Agric. Res. 1: 12-17.

Shulze, E. D. 1986. Whole-plant responses to drought. Austral J. Plant Physiol. 13: 127-141.

Tyree, M. T. y P. G. Jarvis. 1982. Water in tissues and cells. In: Lange, O. L., P. S. Nobel, C. B. Osmond y H. Ziegler (eds.). Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Springer. Berlin. pp. 36-77.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall International. Englewood Cliffs. New Jersey. 620 pp.